



# Un sens logique pour les graphes sémantiques

Renaud Marlet

## ► To cite this version:

Renaud Marlet. Un sens logique pour les graphes sémantiques. 15e conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles (TALN 2008), Jun 2008, Avignon, France. pp.498-507. hal-00306308

**HAL Id: hal-00306308**

**<https://hal.science/hal-00306308>**

Submitted on 18 Aug 2008

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Un sens logique pour les graphes sémantiques

Renaud Marlet

LaBRI / INRIA Bordeaux – Sud-Ouest

renaud.marlet@inria.fr

**Résumé.** Nous discutons du sens des graphes sémantiques, notamment de ceux utilisés en Théorie Sens-Texte. Nous leur donnons un sens précis, éventuellement sous-spécifié, grâce à une traduction simple vers une formule de Minimal Recursion Semantics qui couvre les cas de prédications multiples sur plusieurs entités, de prédication d'ordre supérieur et de modalités.

**Abstract.** We discuss the meaning of semantic graphs, in particular of those used in Meaning-Text Theory. We provide a precise, possibly underspecified, meaning to such graphs through a simple translation into a Minimal Recursion Semantics formula. This translation covers cases of multiple predications over several entities, higher order predication and modalities.

**Mots-clés :** Graphe sémantique, logique, quantification, Théorie Sens-Texte (TST).

**Keywords:** Semantic graph, logic, quantification, Meaning-Text Theory (MTT).

## 1 Introduction

Les processus d'analyse (du texte vers le sens) et de génération (du sens vers le texte), bien qu'a priori « simplement » inverses l'un de l'autre, reposent généralement sur deux types différents de représentation du sens, respectivement les *formules logiques* et les *graphes sémantiques*. Ces deux visions dissemblables de la sémantique ont chacune des avantages et des inconvénients, et plutôt que de les opposer comme on le fait souvent, nous proposons de les articuler.

**Formules logiques.** Dans la perspective de l'analyse de texte, la sémantique est l'information que véhicule l'énonciation d'une phrase. Après cette énonciation, et abstraction faite des différentes interprétations possibles, on doit pouvoir distinguer deux sortes de mondes, ceux qui sont compatibles avec la situation décrite, et ceux qui ne le sont pas. C'est la vision vériconditionnelle de la sémantique, qui conduit à en proposer des représentations sous forme de formules logiques. Historiquement, un des moteurs du développement de la logique a d'ailleurs été de donner du sens au langage. Il n'est donc pas surprenant qu'elle soit aujourd'hui une cible privilégiée pour l'analyse, dans la lignée notamment des travaux de Montague (1974).

Outre la « force de frappe » issue cette tradition séculaire, une sémantique représentée sous forme logique a plusieurs avantages. En premier lieu, le sens est totalement formalisé : toute logique qui se respecte a une interprétation en terme de théorie des modèles, qui décrit sans équivoque les conditions de vérité d'une formule. En outre, une logique permet de raisonner sur le sens d'un énoncé, notamment en faisant des inférences, tâche plus ou moins automatisable suivant la logique. Pour rendre compte d'une certaine gamme d'ambiguïtés de la langue naturelle, certains formalismes permettent également d'écrire des structures logiques sous-spécifiées, qui représentent plusieurs formules de sens différent par un même terme, compact, factorisé.

Mais les formules logiques, et leur emploi habituel, ont également des inconvénients. Tout d'abord, il est relativement difficile d'en construire des paraphrases simples, naturelles. L'inversion des algorithmes d'analyses conduit souvent à des problèmes complexes ou indécidables, ce qui réduit notablement l'usage d'une telle représentation comme base pour la génération de texte<sup>1</sup>. Les formules logiques ne se prêtent pas bien non plus à l'ajout d'informations concernant une intention communicative, comme par exemple la thématique. D'autre part, l'invariant privilégié d'une représentation logique est sa valeur de vérité : deux formules sont équivalentes si elles établissent une même partition du monde. Ce traitement extensionnel contribue à gommer toute connotation dans la représentation sens, ce qui est un handicap par exemple pour des applications de traduction. Il est ainsi équivalent de dire « hier c'était samedi » ou « demain ça sera lundi ». La logique s'inscrit plus généralement dans une tradition à visée relativement universaliste<sup>2</sup>, qui ne cohabite pas toujours bien avec les nuances de la langue. Par ailleurs, une formule logique ne permet pas de représenter une phrase qui renferme une contradiction<sup>3</sup>, ce qui est une limitation fâcheuse pour les humains que nous sommes. Enfin, il n'est pas possible de reconnaître dans une formule logique les fragments qui correspondent aux éventuelles présuppositions de la phrase analysée, pour les distinguer de la proposition principale.

**Graphes sémantiques.** Pour la génération de texte, la sémantique est donnée et l'on cherche à l'exprimer avec la langue, par une de ses paraphrases possibles (quasi-synonymes). La représentation choisie comme point de départ de ce processus est souvent celle d'un *graphe prédicatif*, qui exprime des relations sémantiques entre entités. C'est notamment dans le cadre de la Théorie Sens-Texte (TST) que s'est développé cet usage des graphes sémantiques (Polguère, 1990). On comprend bien qu'ils soient donc considérés comme bien adaptés pour la génération.

Les graphes sémantiques, ainsi que la tradition qui les accompagne, ont également un certain nombre d'avantages. Tout d'abord, leur invariant privilégié est la paraphrase, pas la valeur de vérité. De ce fait, ils se prêtent moins à la substitution qu'en logique ; on fait naturellement la différence entre « hier c'était samedi » et « demain ça sera lundi ».<sup>4</sup> De surcroît, les graphes sémantiques supportent aisément des énoncés contradictoires parce qu'ils ne se préoccupent pas de l'existence effective de mondes correspondants. Par ailleurs, un graphe sémantique est un bon substrat pour ajouter des informations supplémentaires concernant les intentions communicatives. Bien que peu traitée, la question du partage et de la sous-spécification se résout bien aussi sur les graphes. Enfin, on peut reconnaître des présuppositions sur un graphe sémantique.

Cette représentation de la sémantique a également des désavantages. En particulier, elle ne se prête pas bien au raisonnement.<sup>5</sup> Mais l'inconvénient le plus regrettable selon nous, c'est l'absence de définition formelle du sens d'un graphe sémantique. Au mieux, son sens est décrit par l'ensemble des paraphrases qu'un système de génération de texte donné est capable de produire. C'est un des objectifs de cet article que de tenter de remédier à cette lacune.

**Réconciliation.** Nous voulons réconcilier ces deux visions, et notamment tenter de dire en quoi un graphe sémantique représente aussi une (ou plusieurs) situation du monde. Plus précisément, nous voulons construire une passerelle des graphes sémantiques vers des représentations

<sup>1</sup>Les résultats récents de Kanazawa (2007) pourraient néanmoins améliorer cette situation.

<sup>2</sup>Peut-être est-elle incitée à cela par l'existence de connecteurs et quantificateurs indépendants de toute langue.

<sup>3</sup>Les logiques défaisables admettent toutefois des inférences non monotones qui contredisent les précédentes.

<sup>4</sup>Cette attention pour la connotation se révèle aussi dans les théories et les pratiques, qui conçoivent souvent la représentation sémantique comme spécifique à une langue, portée par les seuls prédicats et leurs mises en relation.

<sup>5</sup>À notre connaissance, les seules déductions « disponibles » sont les opérations de décomposition (par ex., remplacer la relation simple 'X tuer Y' par la relation complexe, non atomique, 'X cause la mort de Y') et les réécritures locales sur la base de propriétés d'hyponymie et d'hyperonymie (comme on en trouve dans WordNet).

logiques. En effet, plutôt que d'équiper une logique avec les informations qui lui font défaut, opération lourde et peu élégante, il nous semble plus approprié de partir de l'information la plus riche et la plus souple car en quelque sorte sous-interprétée (les graphes sémantiques), et de la projeter sur une information plus pauvre et plus rigide car plus tranchée (les formules logiques), mais plus à même de faire toute une gamme de traitements, notamment de l'inférence.

Muni de cette correspondance, on peut ensuite décider d'utiliser les graphes sémantiques à la fois pour la génération et l'analyse de texte ; et s'il est nécessaire de raisonner sur le sens, alors le graphe peut être au préalable transformé en une formule logique. En pratique, l'ambiguïté de la langue appelle en outre à travailler sur des graphes et des structures logiques sous-spécifiées.

**Application au TAL.** Cette perspective d'une même représentation du sens pour les opérations inverses d'analyse et de génération est plus satisfaisante sur un plan, disons, théorique. Mais elle apporte également un certain nombre d'avantages pratiques pour le TAL.

En effet, il devient alors plus facile d'appairer un système d'analyse et un système de génération afin de vérifier que leur composition (modulo interprétations et paraphrases multiples) contient l'identité. Cela permet par exemple de rechercher des déficiences dans l'un ou l'autre système, et de mettre en place plus simplement des tests de non régression.

Mais surtout, cela facilite le processus ordinaire de l'analyse (texte vers logique) : le graphe sémantique joue alors le simple rôle de structure de données intermédiaire entre texte et sens, au même titre que la structure syntaxique. Cela permet d'étager la prise en compte de certains phénomènes de langue qui, sinon, doivent être traités « au vol » au cours de la traduction entre structure syntaxique et formule logique. Les graphes sémantiques font par exemple abstraction de différentes formes de diathèse et d'alternance dative (*dative shifts*). Ils rendent également explicites l'ellipse, la structure argumentale des constructions avec verbes à contrôle ou à montée, et donnent une vision de la phrase où les anaphores ont été résolues. Ils peuvent de plus être équipés d'une information complémentaire de restriction et de portée pour les quantificateurs, qui simplifie aussi le passage à une formule logique. De même, l'extraction de présuppositions est plus facile sur un graphe sémantique que sur une structure syntaxique, de plus bas niveau.

L'idée d'utiliser une information plus riche que la seule constituance ou dépendance syntaxique pour construire une formule logique n'est pas neuve. On la retrouve par exemple dans plusieurs travaux basés sur LFG (Dalrymple, 2001) <sup>6</sup>. Debusmann, Duchier *et al.* (2004) font de même au dessus de XDG, avec un découpage plus vertical de l'information. Mais c'est peut-être dans les travaux de Lesmo, Robaldo *et al.* (2007) qu'un graphe sémantique est le plus vu comme une simple structure intermédiaire pour la construction d'une représentation logique.

De plus, bon nombre de systèmes de traduction automatique utilisent un graphe sémantique comme pivot ou point de passage le plus élevé vers une autre langue. Si l'on peut réutiliser la composante d'analyse sémantique d'un de ces systèmes, on peut alors construire un analyseur logique à peu de frais, par combinaison avec une projection vers des formules logiques.

### Contributions.

- Nous caractérisons les imprécisions de représentation du sens avec des graphes sémantiques.
- Nous décrivons comment appareiller un graphe sémantique pour qu'il représente des opérateurs avec portée, et notamment des quantificateurs.
- Nous définissons une transformation simple d'un graphe sémantique ainsi appareillé vers une

---

<sup>6</sup>Une des motivations derrière les travaux décrits ici est d'ailleurs la construction d'un analyseur sémantique pour le français basé sur une analyse syntaxique à la LFG suivie d'une transformation vers un graphe sémantique à la TST (travaux en cours avec Lionel Clément et Kim Gerdes).

structure logique de Minimal Recursion Semantics (MRS) (Copestake *et al.*, 2005), ce qui définit formellement le sens du graphe. Les interprétations sont moins nombreuses que dans les travaux de Robaldo (2007) car nous ne modélisons pas de quantificateurs ramifiés, mais en revanche elles peuvent être utilisées dans de simples solveurs de logique du premier ordre.

- Notre traduction couvre les cas de prédications multiples sur plusieurs entités, de prédication d’ordre supérieur et de modalités, qui, à notre connaissance, n’avaient pas encore été traités.

Nous précisons à la section 2 ce que nous entendons par graphe sémantique. La section 3 discute informellement de leur sens situationnel. La section 4 en formalise la traduction vers la MRS.

## 2 Graphes prédictifs

Le terme de « graphe sémantique » peut désigner des objets très divers (graphes conceptuels, réseaux sémantiques, etc.) sans liens avec notre propos. Pour être plus précis dans la suite, nous préférons employer le terme de *graphe prédictif*. Nous en donnons une définition (syntaxique) dans cette section. Si notre terminologie s’appuie en grande partie sur celle de la TST, notre proposition n’impose toutefois pas d’en admettre les hypothèses théoriques.

Nous considérons des graphes sémantiques qui mettent en relation prédictive un ensemble d’entités. Ces graphes sont construits sur le vocabulaire suivant :

- un ensemble de symboles appelés *prédicats*. Un prédicat  $p$  représente une relation d’arité finie, éventuellement nulle. Les arguments de cette relation sont ses *actants*.
- un ensemble de symboles de relations actantielles. Sans perte de généralité, nous identifions les relations actantielles d’un prédicat par leur position argumentale dans la relation associée (le premier argument ayant la position 1).

Un *graphe prédictif* est un graphe dirigé constitué de :

- un ensemble non vide de nœuds tel que chaque nœud  $u$  est étiqueté par un prédicat  $p$ .
- un ensemble d’arcs orientés tel que tout nœud  $u$ , étiqueté par un prédicat  $p$  d’arité  $n$ , a exactement  $n$  arcs sortants, étiquetés de 1 à  $n$ , dirigés vers chacun des actants de  $p$ .

Autrement dit, un graphe prédictif est un réseau d’applications totales de relations. En l’absence de cycle, il peut être défini inductivement par applications successives de prédicats.

Dans un Modèle Sens-Texte (MST), un graphe prédictif est appelé *structure prédictive* ou *structure sémantique* (notée SemS). Il représente le sens d’une famille d’énoncés plus ou moins synonymes. Dans la mesure où une structure prédictive est destinée à être verbalisée en une unique phrase, le graphe est généralement connecté<sup>7</sup>. Il est aussi souvent acyclique (DAG), mais ce n’est pas nécessairement le cas<sup>8</sup>. Les prédicats utilisés dans un MST sont appelés *prédicats sémantiques* ou *sémantèmes*. Les arguments des sémantèmes sont appelés *actants sémantiques*. Les sémantèmes sans argument sont appelés *noms sémantiques* ou *objets sémantiques*. Les sémantèmes sont plus précisément des unités sémantiques<sup>9</sup> spécifiques à une langue qui correspondent à un sens particulier, désambiguïsé, d’une unité lexicale (lexème ou phrasème)<sup>10</sup>. Les sémantèmes sont notés entre apostrophes<sup>11</sup>. Par exemple, ‘loup’ est un sémantème sans argument (un objet sémantique) ; ‘dormir’ est un sémantème à un argument (l’être qui dort). Un exemple de structure prédictive est donné à la figure 1.

<sup>7</sup>On pourrait néanmoins imaginer un graphe déconnecté correspondant à « Pierre dort, Marie chante ».

<sup>8</sup>Le graphe peut être cyclique à cause de pronoms, comme dans « Pierre regarde Marie, qui le regarde ».

<sup>9</sup>Les sémantèmes que nous considérons n’ont pas à être des unités irréductibles (primitives) ou universelles.

<sup>10</sup>Certains sémantèmes peuvent aussi représenter des sens de grammèmes (Polguère, 1990).

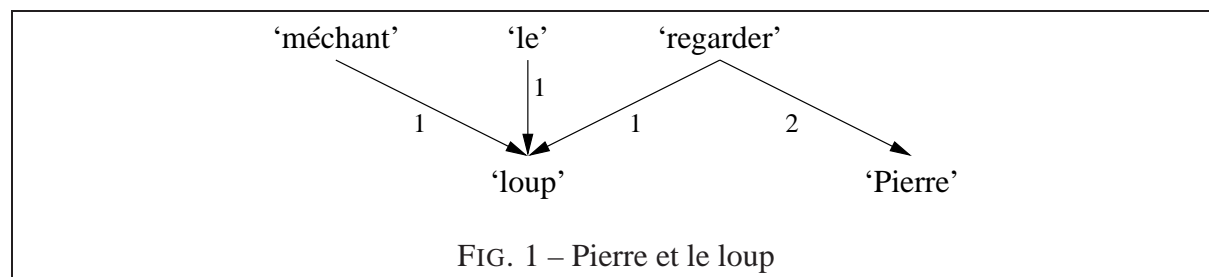
<sup>11</sup>Nous omettons ici les marques additionnelles qui identifient le choix de sens d’une unité lexicale ambiguë.

### 3 Sens situationnel

Selon Mel'čuk (2001), une structure prédictive a pour but de représenter exclusivement le sens propositionnel, ou situationnel, d'une famille d'énoncés plus ou moins synonymes. Elle est le miroir d'une situation, d'un état des choses dans un monde réel ou imaginaire (qui peut inclure le locuteur). En pratique, en TST, ce sens ne se révèle qu'à travers les paraphrases qu'il autorise.

Nous prenons ce programme à la lettre, mais dans une vision « théorie des modèles » des choses : à toute situation doit correspondre une fonction de valuation qui assigne une valeur de vérité à toute structure prédictive. Réciproquement, à toute structure prédictive doit correspondre une fonction de valuation qui assigne une valeur de vérité à toute situation, distinguant ainsi les situations compatibles avec la structure prédictive, de celles qui ne le sont pas. C'est cette dernière fonction de valuation que nous appelons *sens situationnel* d'une structure prédictive. Nous examinons dans cette section des cas où ce sens situationnel est mal défini.

**Restriction et apposition.** La structure prédictive ne distingue pas restriction (caractérisation d'une entité) et apposition (commentaire sur une entité). Cette lacune est illustrée par le graphe



de la figure 1, dont certaines paraphrases correspondent à des situations différentes :

- |  |                               |
|--|-------------------------------|
| (1) a. Le méchant loup regarde Pierre.       | (pas le gentil loup)          |
| b. Le loup qui regarde Pierre est méchant.   | (pas celui qui regarde Marie) |
| c. Le loup, qui est méchant, regarde Pierre. | (pas le renard)               |

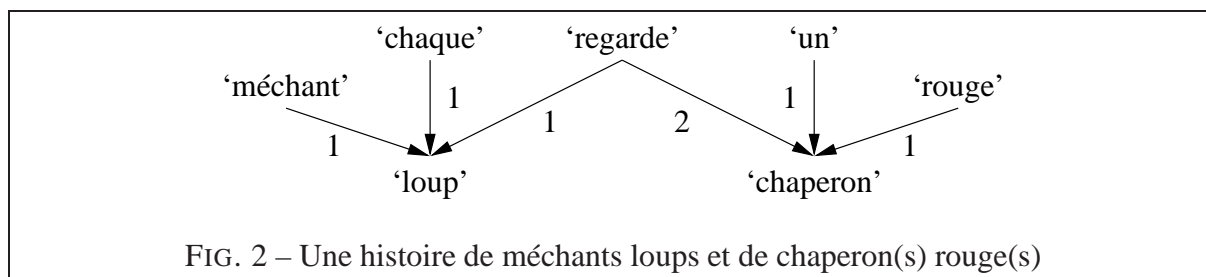
Le déterminant appelle l'identification d'un loup particulier dans le contexte, mais cette identification est imprécise si l'on ne spécifie pas une lecture particulière du graphe : on ne sait si les flèches sont à comprendre comme des relations conjointes (au sens de la restriction, comme dans les cas 1a et 1b), ou bien séparées (apposition non restrictive, comme dans le cas 1c).

Pour distinguer ces sens, Kahane et Mel'čuk (1999) utilisent une information additionnelle de thématité, information complémentaire au graphe sémantique et stockée dans la structure communicative (Mel'čuk, 2001). Nous pensons que cela pose deux problèmes. D'une part, cela utilise la structure communicative, qui est censée refléter la manière d'exprimer une chose plutôt que le fond de la chose elle-même. D'autre part, cela nécessite l'emboîtement de structures thème/rhème. Or une thématisation secondaire emboîtée à l'intérieur d'un thème primaire ne correspond pas aux significations et critères ordinaires associés aux notions de thème et rhème. Notre proposition pour résoudre ce problème est liée à celui de la quantification, qui suit.

**Quantification.** Les quantificateurs et leur portée sont une autre information qui fait défaut dans la structure prédictive. Cette question est illustrée par le graphe de la figure 2. Ce graphe admet, entre autres, les paraphrases suivantes, chacune suivie de son sens en termes logiques.

- |   |
|---|
| (2) a. Chaque méchant loup regarde un quelconque chaperon rouge.  |
| b. $\forall x (\text{loup}(x) \wedge \text{méchant}(x)) \rightarrow (\exists y \text{chaperon}(y) \wedge \text{rouge}(y) \wedge \text{regarder}(x, y))$ |





- c. Un certain chaperon rouge est regardé par chaque méchant loup.
- d.  $\exists y \text{ chaperon}(y) \wedge \text{rouge}(y) \wedge (\forall x (\text{loup}(x) \wedge \text{méchant}(x)) \rightarrow \text{regarder}(x, y))$

Les paraphrases (2a) et (2c) renvoient à des situations différentes. Cela correspond à un cas classique d’ambiguïté de portée de quantificateurs, comme pour interpréter la phrase suivante.

- (2) e. Chaque méchant loup regarde un chaperon rouge.

Des formulations dont l’ambiguïté est maîtrisée sont néanmoins souhaitables pour construire des représentations sous-spécifiées. Mais le cas des graphes sémantiques a moins été étudié.

Dymetman et Copperman (1996) ont des représentations sémantiques qui sont des arbres, cas particuliers de graphes. La structure d’arbre encode naturellement la restriction d’un quantificateur. Un sens précis est donné à une représentation sémantique (via un calcul compositionnel à la Montague), mais qui ne permet pas de traiter les cas de « circuits », comme par exemple :

- (3) a. Le loup qui regarde le chaperon dont il a mangé la grand-mère est méchant.
- b. Le loup qui a mangé la grand-mère du chaperon qu’il regarde est méchant.

Polguère (1997) propose que les quantificateurs soient représentés par des foncteurs binaires, le premier argument renvoyant au sémantème de l’entité quantifiée, le second à un sous-réseau (incluant ce sémantème) qui représente toute la portée du quantificateur. L’emboîtement des portées des quantificateurs traduit l’ordre choisi. Mais cette proposition ne convient pas dans le cas où l’entité quantifiée est qualifiée (comme ‘loup’ par ‘méchant’ dans la figure 2) car l’information de restriction fait défaut. Cela pourrait conduire par exemple à l’interprétation suivante.

- (4) a. Chaque loup est méchant et regarde un quelconque chaperon, qui est rouge.
- b.  $\forall x \text{ loup}(x) \rightarrow \text{méchant}(x) \wedge (\exists y \text{ chaperon}(y) \wedge \text{rouge}(y) \wedge \text{regarder}(x, y))$

Kahane (2005) propose quant à lui de superposer aux relations prédicatives, qui représentent des dépendances sémantiques, un second réseau qui représente les dépendances logiques. Il ne formalise toutefois pas l’interprétation d’un tel réseau et sa traduction en une formule logique.

Robaldo (2007) fournit une solution satisfaisante au problème en choisissant de représenter d’une part la restriction (et non la portée) associée à un quantificateur, et d’autre part les dépendances de portée entre les seuls quantificateurs. Sa proposition est relativement complète : elle permet la sous-spécification (il suffit de ne pas mentionner certaines dépendances), le traitement de la quantification ramifiée<sup>12</sup>, et les quantificateurs généralisés mostowskiens à deux places (pour représenter des quantificateurs comme ‘la plupart de’ ou ‘peu de’). Néanmoins,

<sup>12</sup>Sans quantification ramifiée, on est obligé de fixer un ordre linéaire entre les quantificateurs lorsqu’on énumère les sens. Par exemple, en ce cas, la phrase « trois loups regardent deux chaperons » n’a que deux sens : (a) il existe exactement 3 loups et chacun regarde 2 chaperons quelconques ou (b) il existe exactement 2 chaperons et chacun peut être regardés par 3 loups quelconques. Avec quantification ramifiée, l’ordre entre les quantificateurs n’est pas imposé et il y a une autre lecture : (c) il existe exactement 2 chaperons et exactement 3 loups qui les regardent.

cette proposition met en œuvre une logique relativement complexe et des algorithmes également complexes de traduction d'un graphe prédictif quantifié dans cette logique. De plus, le raisonnement automatique avec les formules logiques produites nécessite un solveur pour la logique du second ordre. Robaldo ne décrit pas non plus le traitement cas de prédications multiples sur plusieurs entités, de prédication d'ordre supérieur et de modalités.

## 4 Traduction en Minimal Recursion Semantic

Dans la suite de ce document, nous reprenons les idées de Robaldo pour représenter la restriction et les dépendances de portée entre quantificateurs. Mais nous donnons une traduction simple et directe vers un formalisme logique, celui de la MRS. Notre traduction est plus riche que celle de Robaldo en ce qui concerne le type de graphes traité. Elle perd les lectures de quantification ramifiée mais conserve la représentation de formes sous-spécifiées et permet un raisonnement sur le sens situationnel avec un simple solveur pour la logique du premier ordre.

**Graphe prédictif quantifié.** Une *restriction* pour un graphe prédictif est une fonction partielle  $r$  sur les nœuds du graphe qui, à un nœud  $u$ , fait correspondre les nœuds des prédicats qui qualifient l'entité représentée par  $u$ . Plus précisément, pour tout nœud  $u$  du domaine de  $r$ , la restriction  $r(u)$  est un sous-ensemble des nœuds du graphe égaux à  $u$  ou qui ont  $u$  comme actant. On note aussi  $r_u = r(u)$ . Une restriction est *bien formée* ssi son domaine inclut tous les actants du graphe et si les restrictions individuelles de chaque nœud sont disjointes deux à deux.

Un graphe prédictif est *quantifié* si certaines étiquettes de nœuds sont des quantificateurs, prédicats unaires particuliers. Un nœud  $u$  de quantificateur *quantifie* un nœud  $v$  ssi  $v$  est un actant de  $u$  (en fait, l'unique, puisque le prédicat est unaire). Un graphe prédictif quantifié est *bien formé* ssi tout nœud est l'actant d'au plus un quantificateur et si les quantificateurs ne sont pas eux-mêmes quantifiés. De plus, à tout nœud  $u$  d'un graphe prédictif, on associe une *variable de prédication*  $x_u$ . On note aussi  $r_{x_u} = r_u$ . On appelle *variable de quantification* la variable de prédication de l'actant d'un nœud de quantificateur. Comme chez Robaldo (2007), un préordre partiel  $\prec$  supplémentaire peut être en outre fourni sur les quantificateurs, ou de manière équivalente, sur les variables de quantification, pour exprimer les dépendances de quantification.

Dans un esprit davidsonien, nous allons construire des prédications dont l'arité peut être un de plus que celle du prédicat correspondant. Cela permet de construire des prédications d'ordre supérieur tout en restant au premier ordre. L'argument supplémentaire est une variable de prédication, quantifiée existentiellement par défaut. Néanmoins, afin d'alléger les formules produites, nous n'introduisons cet argument supplémentaire que lorsque le prédicat est lui-même actant. Alternativement, on peut préférer ne pas introduire de quantificateurs par défaut et ne lier les variables correspondantes que par des quantifications existentielles supplémentaires, externes.

**Structure MRS.** Une structure de MRS est un triplet  $(G, R, C)$  tel que :

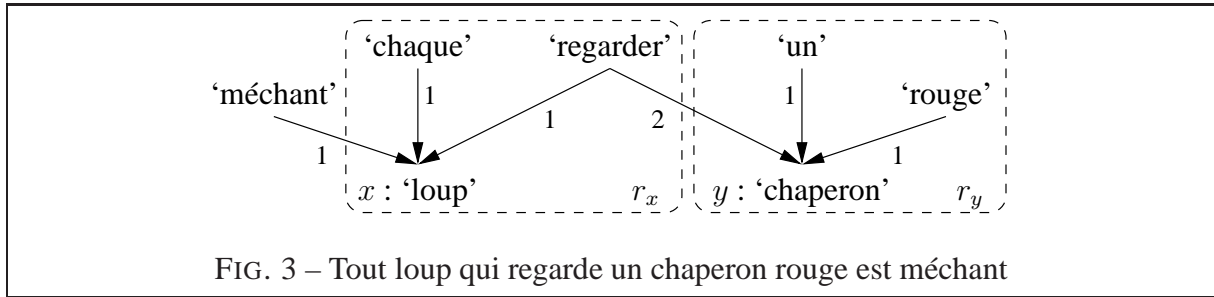
- $G$  est une *variable de portée*, qualifiée de *sommet global* (*global top*) de la structure.
- $R$  est un ensemble fini de *prédications élémentaires*, de la forme  $h : p(x_1, \dots, x_n)$  dans le cas de prédicats sémantiques (où  $h$  est une variable de portée), et de la forme  $h : q(x, h', h'')$  pour des quantificateurs (où  $h'$  est désigne la restriction et  $h''$  le corps de la quantification).
- $C$  est un ensemble fini de contraintes de portée de la forme  $h_1 =_q h_2$ , ce qui signifie soit que  $h_1$  est égal à  $h_2$ , soit que  $h_1$  est égal à l'étiquette  $h$  d'une prédication élémentaire  $h : q(x, h', h'')$  et que  $h'' =_q h_2$ . L'existence de plusieurs solutions à ce système de contraintes permet l'expression de formules sous-spécifiées.



Voir Copestake et al. (2005) pour une définition complète, notamment pour les contraintes de bonne formation (liage des variables, etc.).

**Traduction d'un graphe prédictif quantifié.** La transformation d'un graphe prédictif quantifié bien formé en une structure MRS est définie ainsi :

- Pour tout nœud  $u$  de prédicat sémantique  $p$  sans portée et dont les actants sont  $v_1, \dots, v_n$ ,
  - si  $u$  n'est l'actant d'aucun autre nœud, on construit une variable de portée  $h_u$  ainsi que la prédication élémentaire  $h_u : p(x_{v_1}, \dots, x_{v_n})$ ,
  - si  $u$  est l'actant d'au moins un autre nœud, on construit une variable de portée  $h_u$  ainsi que la prédication élémentaire  $h_u : p(x_u, x_{v_1}, \dots, x_{v_n})$ .
- Pour tout nœud  $u$  qui représente un quantificateur  $q$  et qui a pour actant le nœud  $v$ , on construit la prédication élémentaire  $h_u : q(x_v, h'_u, h''_u)$  ainsi que la contrainte  $h'_u =_q h_v$ .
- Pour tout nœud  $u$  quantifié par un nœud  $v$  et tout nœud  $w$  dans la restriction  $r(u)$  associée à  $x_u$ , on construit la contrainte  $h_u =_q h_w$ .
- Pour tout nœud  $u$  hors de la restriction de toute variable, on construit la contrainte  $G =_q h_u$ .



À titre d'exemple, la structure prédictive de la figure 3 se traduit ainsi en MRS :

$$G, \left\{ \begin{array}{ll} h_1 : \text{chaque}(x, h_2, h_3), & h_6 : \text{un}(y, h_7, h_8), \\ h_4 : \text{loup}(x), & h_9 : \text{chaperon}(y), \\ h_5 : \text{regarder}(x, y), & h_{10} : \text{rouge}(y), \\ & h_{11} : \text{méchant}(x) \end{array} \right\}, \left\{ \begin{array}{ll} h_2 =_q h_4, & h_2 =_q h_5, \\ h_7 =_q h_9, & h_7 =_q h_{10}, \\ G =_q h_{11} \end{array} \right\}$$

Cette structure MRS sous-spécifiée admet deux structures à portée résolue correspondant à :

- (5) a.  $\text{chaque}(x, \text{loup}(x) \wedge \text{un}(y, \text{chaperon}(y) \wedge \text{rouge}(y), \text{regarder}(x, y)), \text{méchant}(x))$
- b. Tout loup qui regarde un quelconque chaperon rouge est méchant.
- c.  $\text{un}(y, \text{chaperon}(y) \wedge \text{rouge}(y), \text{chaque}(x, \text{loup}(x) \wedge \text{regarder}(x, y), \text{méchant}(x)))$
- d. Tout loup qui regarde un certain chaperon rouge est méchant.

**Structure quantifiée préordonnée.** Si les quantificateurs du graphe sont de plus partiellement préordonnés par une relation de dépendance de quantification  $\prec$ , on applique la règle suivante.

- Pour toute dépendance de quantification  $x_u \prec x_v$  (c.-à-d.  $x_v$  dépend de  $x_u$ ) entre les variables associées à des nœuds quantifiés  $u$  et  $v$ , on construit la contrainte  $h_u =_q h_v$ .

Par exemple, si l'on ajoute une relation de dépendance  $x \prec y$  au graphe prédictif de la figure 3, on a la contrainte supplémentaire suivante pour la structure MRS.

$$G, \{ \dots \}, \{ \dots, h_1 =_q h_6 \}$$

Seule la structure (5a) subsiste alors, c'est-à-dire la lecture (5b) .

**Modalités.** Pour traiter les modalités, on procède comme suit :

- Pour tout nœud  $u$  qui représente une modalité  $m$  avec portée, dont le fils est le nœud  $v$ , on construit la prédication élémentaire  $h_u : m(h_v)$  et la contrainte  $h_u =_q h_v$ .

Ainsi, si l'on ajoute à la figure 3 le nœud 'probablement'  $\xrightarrow{1}$  'méchant', on a alors (en n'indiquant que les termes nouveaux) :

$$G, \{ \dots, h_{12} : \text{probablement}(h_{11}) \}, \{ \dots, h_{12} =_q h_{11}, G =_q h_{12} \}$$

Dans le cas  $x \prec y$ , comme précédemment, cette structure MRS reste sous-spécifiée et admet deux structures MRS à portée résolue, représentables ainsi (où pbl abrège probablement) :

- (6) a. pbl(chaque( $x$ , loup( $x$ )  $\wedge$  un( $y$ , chaperon( $y$ )  $\wedge$  rouge( $y$ ), regarder( $x$ ,  $y$ )), méchant( $x$ )))
- b. Il est probable que tout loup qui regarde un quelconque chaperon rouge est méchant.
- c. chaque( $x$ , loup( $x$ )  $\wedge$  un( $y$ , chaperon( $y$ )  $\wedge$  rouge( $y$ ), regarder( $x$ ,  $y$ )), pbl(méchant( $x$ )))
- d. Tout loup qui regarde un quelconque chaperon rouge est probablement méchant.

**Prédications multiples sur plusieurs entités.** Si l'on ajoute à la figure 3 un nœud 'fuir' tel que 'loup'  $\xleftarrow{2}$  'fuir'  $\xrightarrow{1}$  'chaperon', et si ce nœud est placé dans la restriction  $r_x$ , on a alors (en n'indiquant que les termes nouveaux) :

$$G, \{ \dots, h_{12} : \text{fuir}(y, x) \}, \{ \dots, h_2 =_q h_{12} \}$$

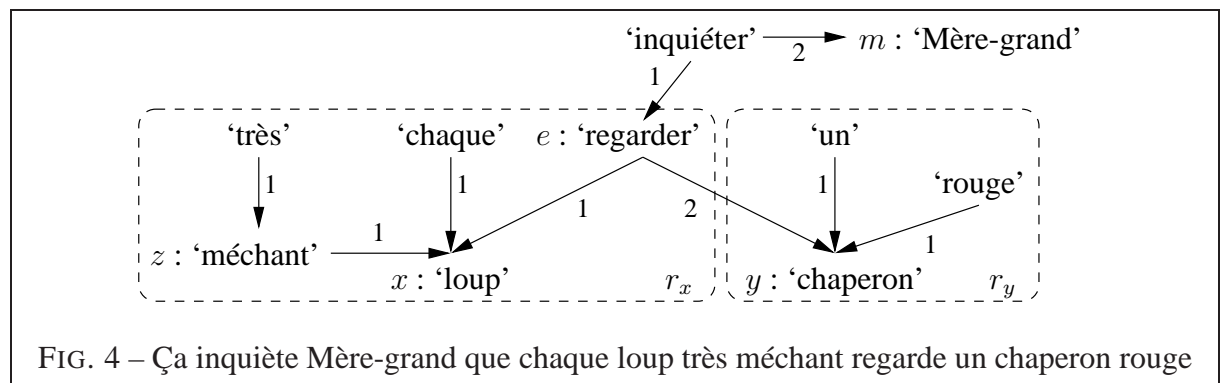
Les lectures sont celles des formules (5a) et (5c) en remplaçant regarder( $x$ ,  $y$ ) par regarder( $x$ ,  $y$ )  $\wedge$  fuir( $y$ ,  $x$ ). En revanche, si 'fuir' est placé dans la restriction  $r_y$ , on a :

$$G, \{ \dots, h_{12} : \text{fuir}(y, x) \}, \{ \dots, h_7 =_q h_{12} \}$$

Et il n'y a qu'une lecture possible :

- (7) a. chaque( $x$ , loup( $x$ )  $\wedge$  un( $y$ , chaperon( $y$ )  $\wedge$  rouge( $y$ )  $\wedge$  fuir( $y$ ,  $x$ ), regarder( $x$ ,  $y$ )), méchant( $x$ ))
- b. Tout loup qui regarde un chaperon rouge qui le fuit est méchant.

**Prédication d'ordre supérieur.** Considérons le cas de la figure 4, qui comporte deux prédications du second ordre, 'très' et 'inquiéter', qui conduisent à la création de variables de quantification supplémentaires pour 'méchant' et 'regarder'. On a alors la traduction suivante (avec quantification existentielle par défaut omise).



$$G, \left\{ \begin{array}{ll} h_1 : \text{chaque}(x, h_2, h_3), & h_6 : \text{un}(y, h_7, h_8), \\ h_4 : \text{loup}(x), & h_9 : \text{chaperon}(y), \\ h_5 : \text{regarder}(e, x, y), & h_{10} : \text{rouge}(y), \\ h_{11} : \text{méchant}(z, x) & h_{13} : \text{inquiéter}(e, m) \\ h_{12} : \text{très}(z) & h_{14} : \text{Mère-grand}(m) \end{array} \right\}, \left\{ \begin{array}{ll} h_2 =_q h_4, & h_2 =_q h_5, \\ h_2 =_q h_{11}, & h_2 =_q h_{12}, \\ h_7 =_q h_9, & h_7 =_q h_{10}, \\ G =_q h_{13}, & G =_q h_{14} \end{array} \right\}$$

Si l'on explicite une quantification existentielle sur  $e$ , on peut distinguer une inquiétude unique liée à un ensemble de regards, d'une multitude d'inquiétudes dues chacune à un regard différent.

## 5 Conclusion

Nous avons présenté un moyen simple de donner un sens à des graphes sémantiques relativement complexes. Ce sens n'inclut pas les cas de quantificateurs ramifiés, mais en contrepartie, la formule logique produite (ou les formules, en cas de sous-spécification) est à même d'être utilisée dans un solveur de la logique du premier ordre.

Les perspectives de ce travail incluent notamment une analyse des hypothèses de bonne formation d'un graphe prédicatif quantifié, une étude plus poussée de la construction des informations de restriction à partir de la syntaxe, ainsi qu'un traitement des déterminants complexes. À plus long terme, il serait intéressant d'étudier dans quelle mesure des inférences logiques standards pourraient être effectuées directement sur la structure de graphe sémantique.

## Références

- COPESTAKE A., FLICKINGER D., POLLARD C. & SAG I. A. (2005). Minimal Recursion Semantics : An introduction. *Research on Language & Computation*, **3**(4), 281–332.
- DALRYMPLE M. (2001). *Lexical Functional Grammar*, volume 34 of *Syntax and Semantics*. New York : Academic Press.
- DEBUSMANN R., DUCHIER D., KOLLER A., KUHLMANN M., SMOLKA G. & THATER S. (2004). A relational syntax-semantics interface based on dependency grammar. In *Proc. of the 20th International Conference on Computational Linguistics (COLING 2004)*.
- DYMETMAN M. & COPPERMAN M. (1996). Extended dependency structures and their formal interpretation. In *Proc. of the 16th International Conference on Computational Linguistics (COLING 1996)*, p. 255–261.
- KAHANE S. (2005). Structure des représentations logiques, polarisation et sous-spécification. In *Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles (TALN 2005)*, p. 23–32.
- KAHANE S. & MEL'ČUK I. (1999). La synthèse sémantique ou la correspondance entre graphes sémantiques et arbres syntaxiques – le cas des phrases à extraction en français contemporain. *Traitement Automatique des Langues (TAL)*, **40**(2), 25–85.
- KANAZAWA M. (2007). Parsing and generation as datalog queries. In *Proc. of the 45th Annual Meeting of the Association of Computational Linguistics (ACL 2007)*, p. 176–183 : Association for Computational Linguistics.
- LESMO L., ROBALDO L. & VILLATA S. (2007). Meaning-text theory and dependency tree semantics : an account of underspecification. In *Proc. of the 3rd International Conference on Meaning-Text Theory (MTT 2007)*.
- MEL'ČUK I. (2001). *Communicative Organization in Natural Language : The semantic-communicative structure of sentences*. Amsterdam / Philadelphia : John Benjamins.
- MONTAGUE R. (1974). *Formal Philosophy. Selected Papers of Richard Montague*. Yale University Press. Edited and with an introduction by Richmond H. Thomason.
- POLGUÈRE A. (1990). *Structuration et mise en jeu procédurale d'un modèle linguistique déclaratif dans un cadre de génération de texte*. Thèse de doctorat, Université de Montréal.
- POLGUÈRE A. (1997). Meaning-Text semantic networks as a formal language. In L. WANNER, Ed., *Recent Trends in Meaning-Text Theory*, p. 1–24. Amsterdam : John Benjamins.
- ROBALDO L. (2007). *Dependency Tree Semantics*. Thèse de doctorat, Université de Turin.